



# 교과서의 과학을 넘어

.....  
역사적 실험의 재현과 상보적 과학지식

# 동영상 1. 끓는점의 불분명함

---

## Experiment 1.

The indefiniteness of the boiling point.

# 끓는 과정을 묘사하기 위한 요소들

---

- ▶ 거품은 몇 도에서 생기기 시작하는가?
- ▶ 거품은 얼마나 큰가?
- ▶ 거품이 몇 도에서 물의 표면까지 올라오는가?
- ▶ 물의 온도는 언제부터 일정해지는가?



# 물을 끓이는 그릇의 재질이 다르다면?

.....



# 끓는점에 대한 19세기의 기록

---

유리 용기( $101.232^{\circ}\text{C}$ ) > 금속 용기 ( $100^{\circ}\text{C}$ )

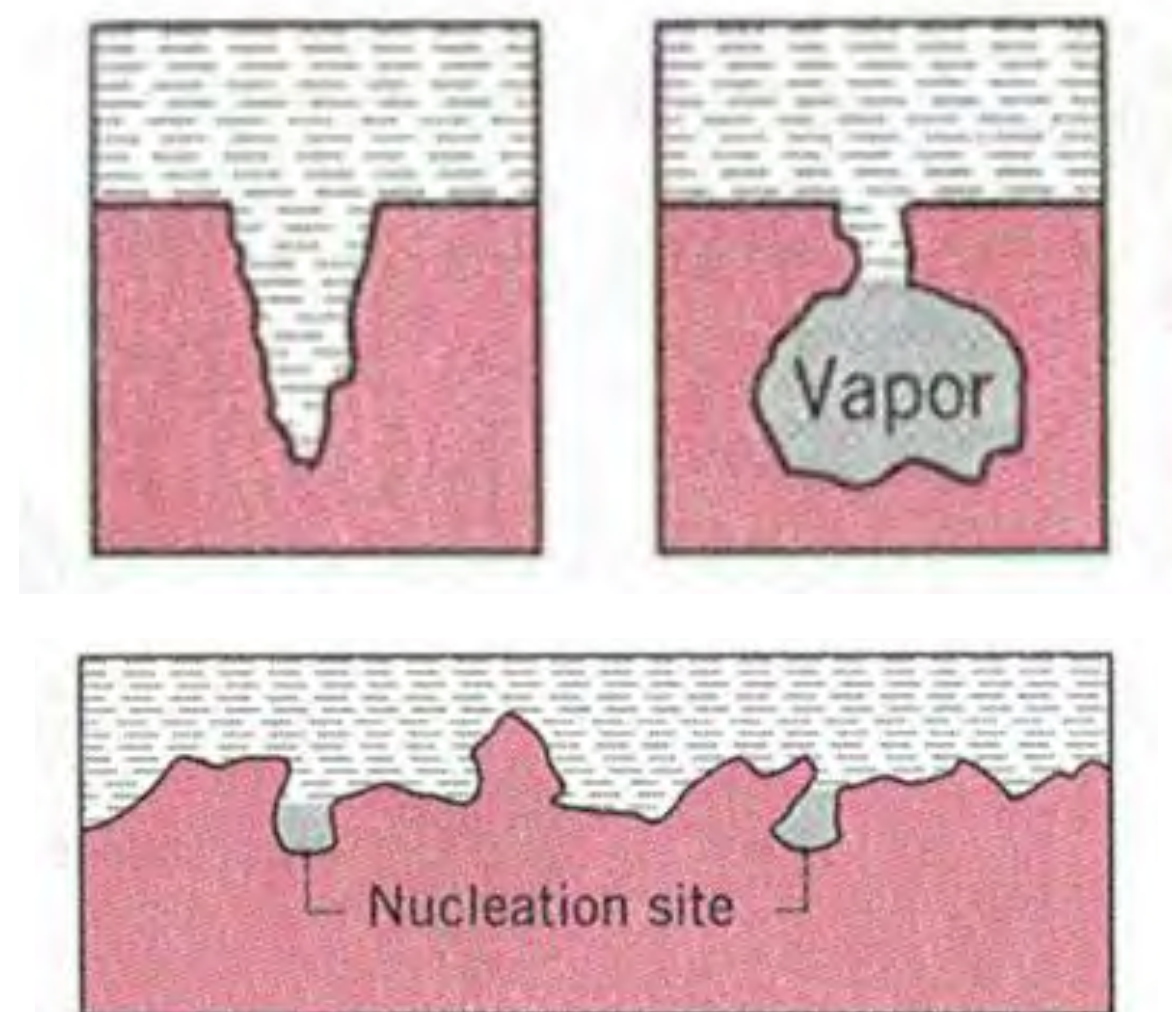
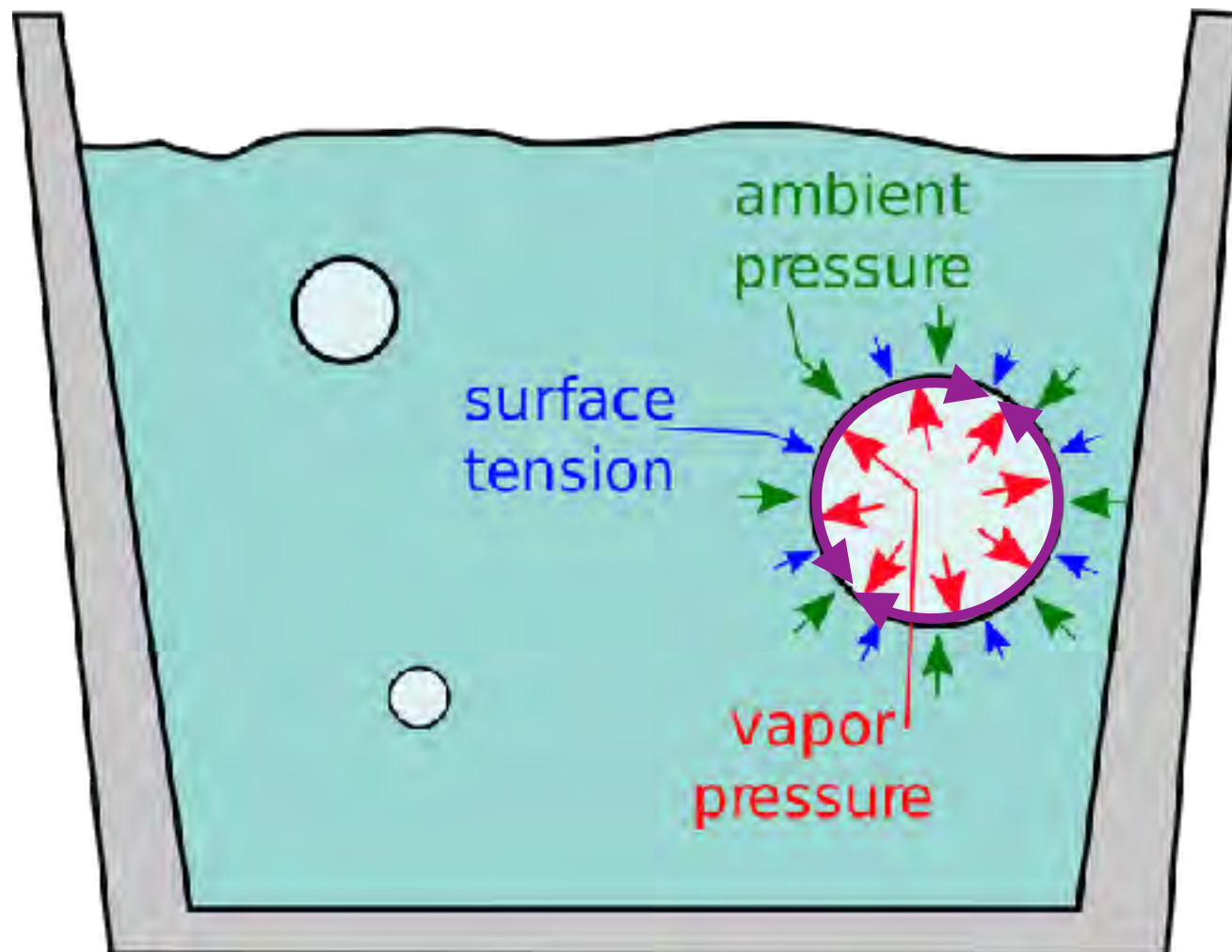
## 동영상 2. 그릇의 재질에 따른 끓는 형태와 온도의 차이

---

### Experiment 2.

Different temperatures in different vessels

# 왜?



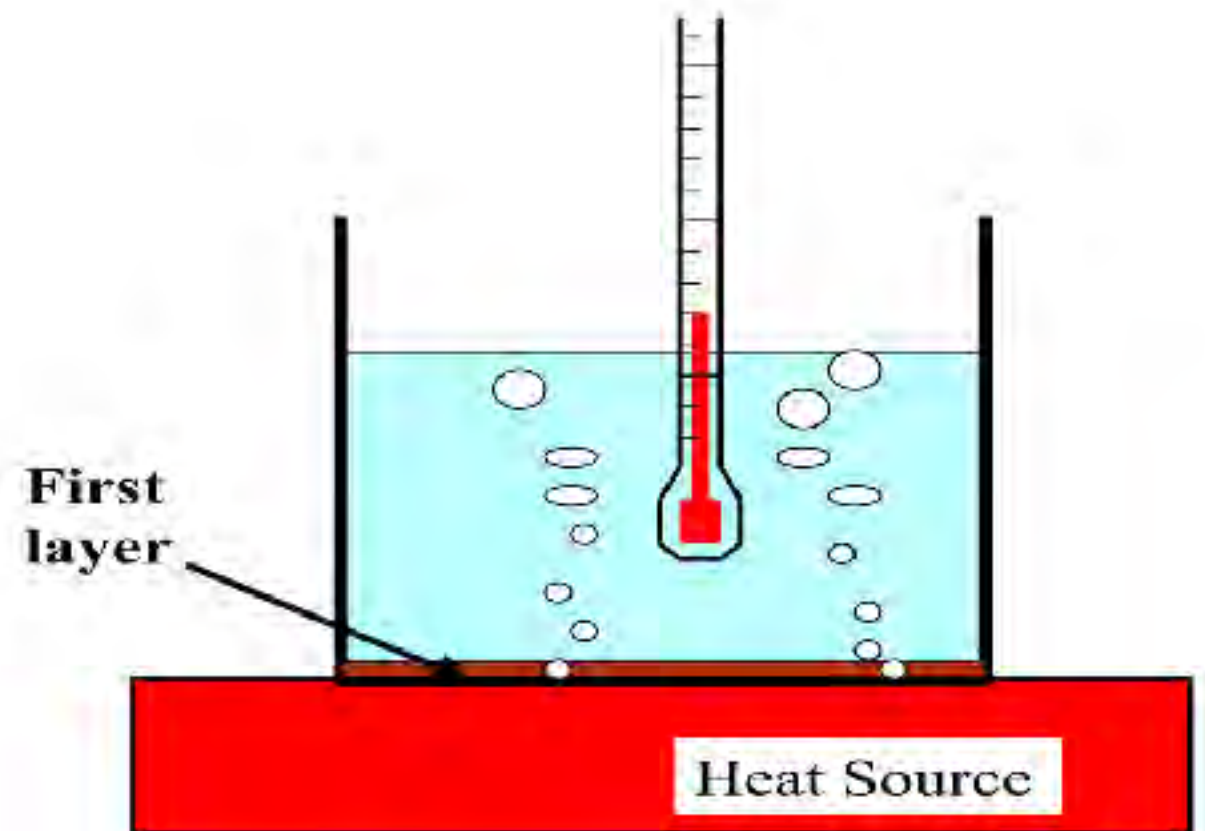
표면장력  $\propto 1 / \text{기포의 크기}$



## 들룩(DE LUC, 1727-1817)

.....

- ▶ 끓는점 측정에 대한 의심
  - ▶ 아래층과 윗층의 다른 온도
  - ▶ 물에 녹아 있던 기체의 수상한 역할



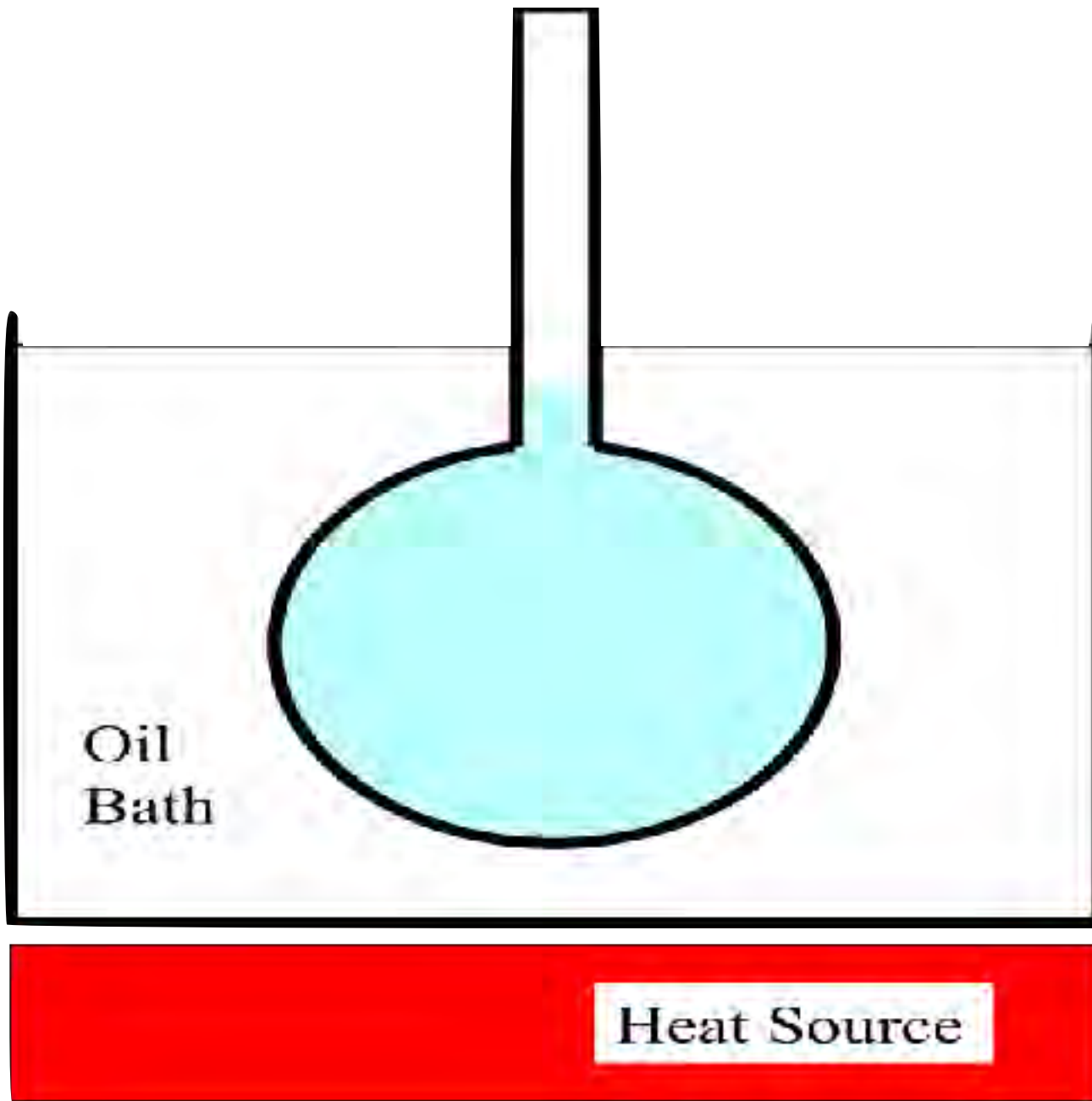


## 들룩의 “진정한 끓음”

.....

- 물 전체를 느리게 가열하기
- 기체를 제거한 순수한 물 만들기

“이 흔드는 것을 4주일간 실시했고 그동안 플라스크를 거의 놓지 않았다. 잘 때나, 시내에서 일을 볼 때나, 두 손이 다 필요한 일을 할 때를 제외하고는 식사도, 독서도, 글쓰기도, 친구들과 만남도, 산책도, 나는 물을 흔들면서 했다.”



## 동영상 5. 느린 가열에 의한 초과열

---

Experiment 5.  
Superheated boiling by slow heating

## 동영상 6. 기체 제거에 의한 추가열

---

Experiment 6.  
Superheating facilitated by de-gassing



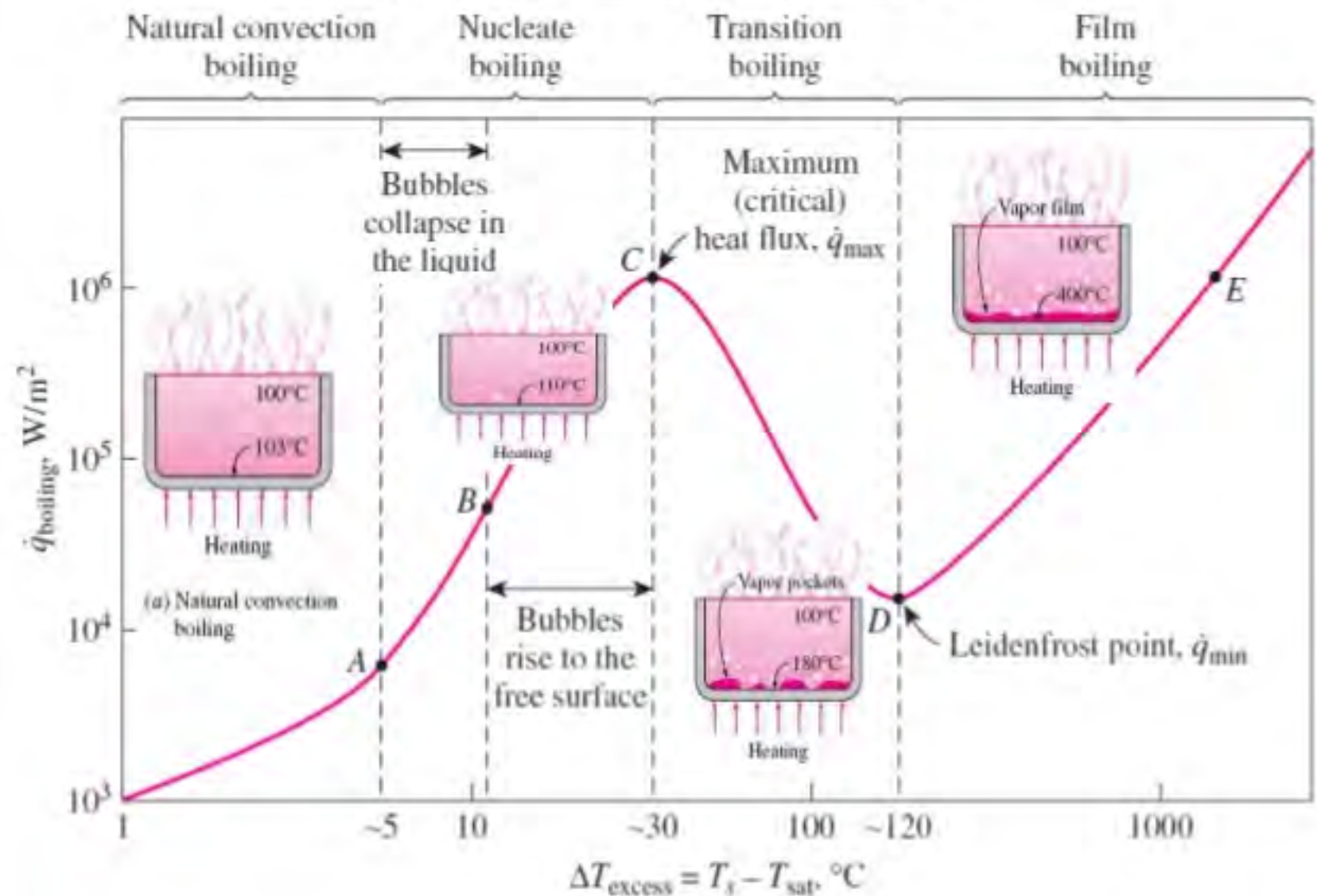
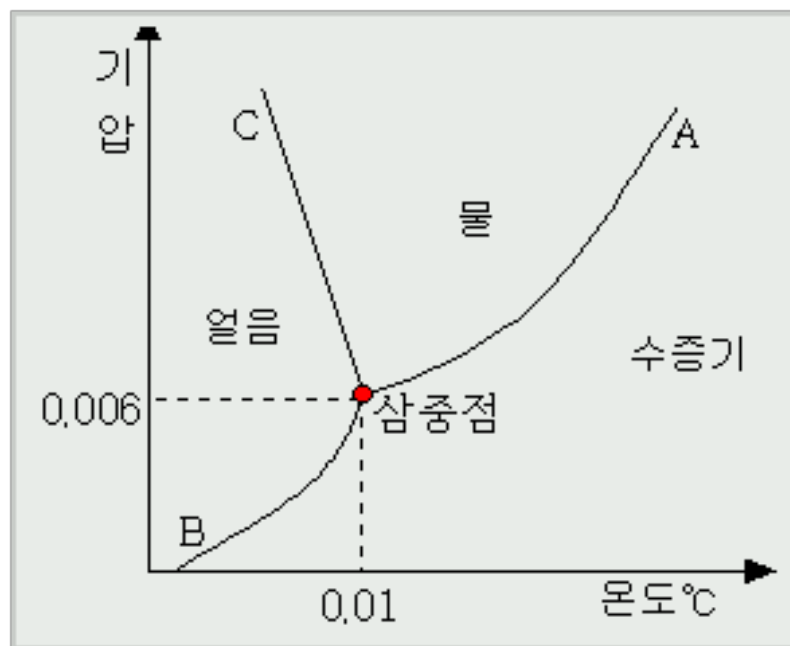
# 들룩의 결론

---

No “True Boiling” Point

# 과학 연구와 과학 교육

- 지식의 유실 vs. 회복
- 물리학 vs. 공학 (다원주의적 접근의 필요성)
- 이상적인 이론 vs. 복잡한 실재
- 정답 vs. 탐구



# 초가열 문제와 온도계 제작

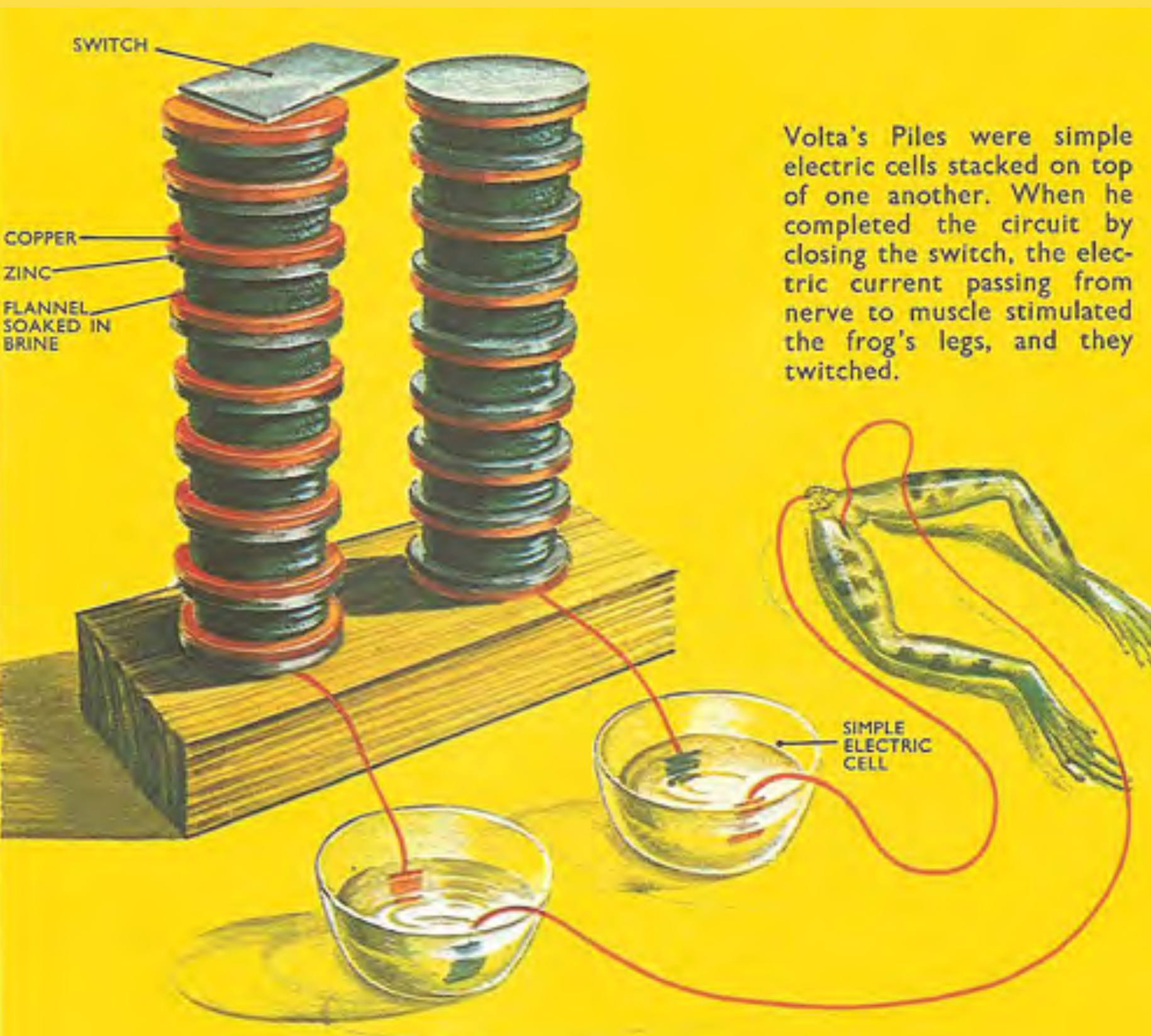
---

- ▶ 물의 끓는점이 실제로는 일정하지 않다면  
물의 끓는점은 온도계의 고정점으로 사용될 수 있는가?
- ▶ 끓이는 용기에 따라 물의 끓는점이 달라짐.
- ▶ 기체를 제거한 순수한 물은 오히려 매우 불규칙하며,  
아직까지도 제대로 이해되지 못하고 있음.
- ▶ 이 문제의 해결 방법은?



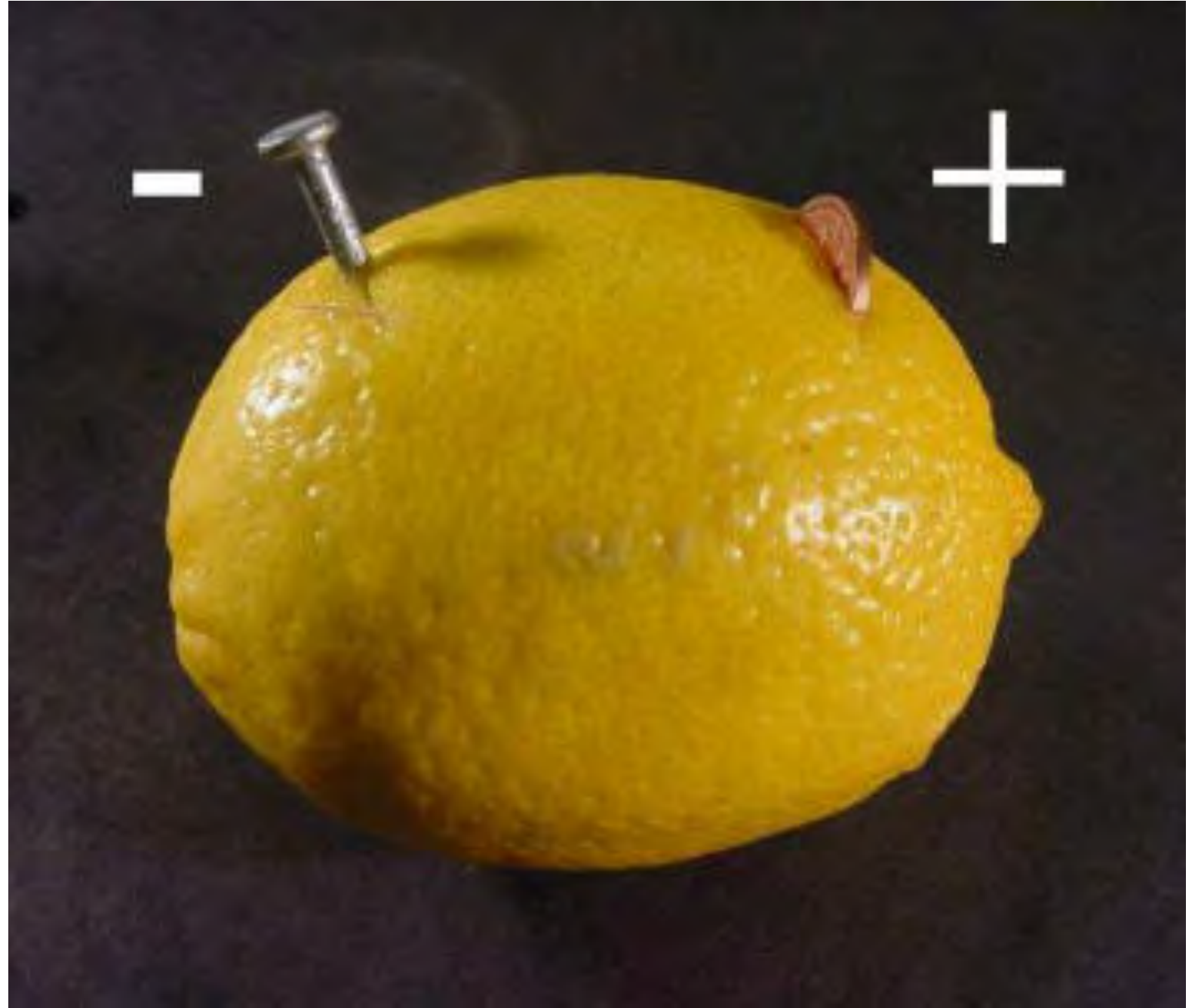
# 집에서 하는 전기화학

.....



# 간단한 전지들

.....





# 전기를 이용한 다양한 동물 실험

.....







# FRANKENSTEIN;

OR,

## THE MODERN PROMETHEUS.

---

IN THREE VOLUMES.

---

Did I request thee, Maker, from my clay  
To mould me man? Did I solicit thee  
From darkness to promote me?—

PARADISE LOST.

---

VOL. I.

---

London:

PRINTED FOR

LACKINGTON, HUGHES, HARDING, MAVOR, & JONES,  
FINSBURY SQUARE.

---

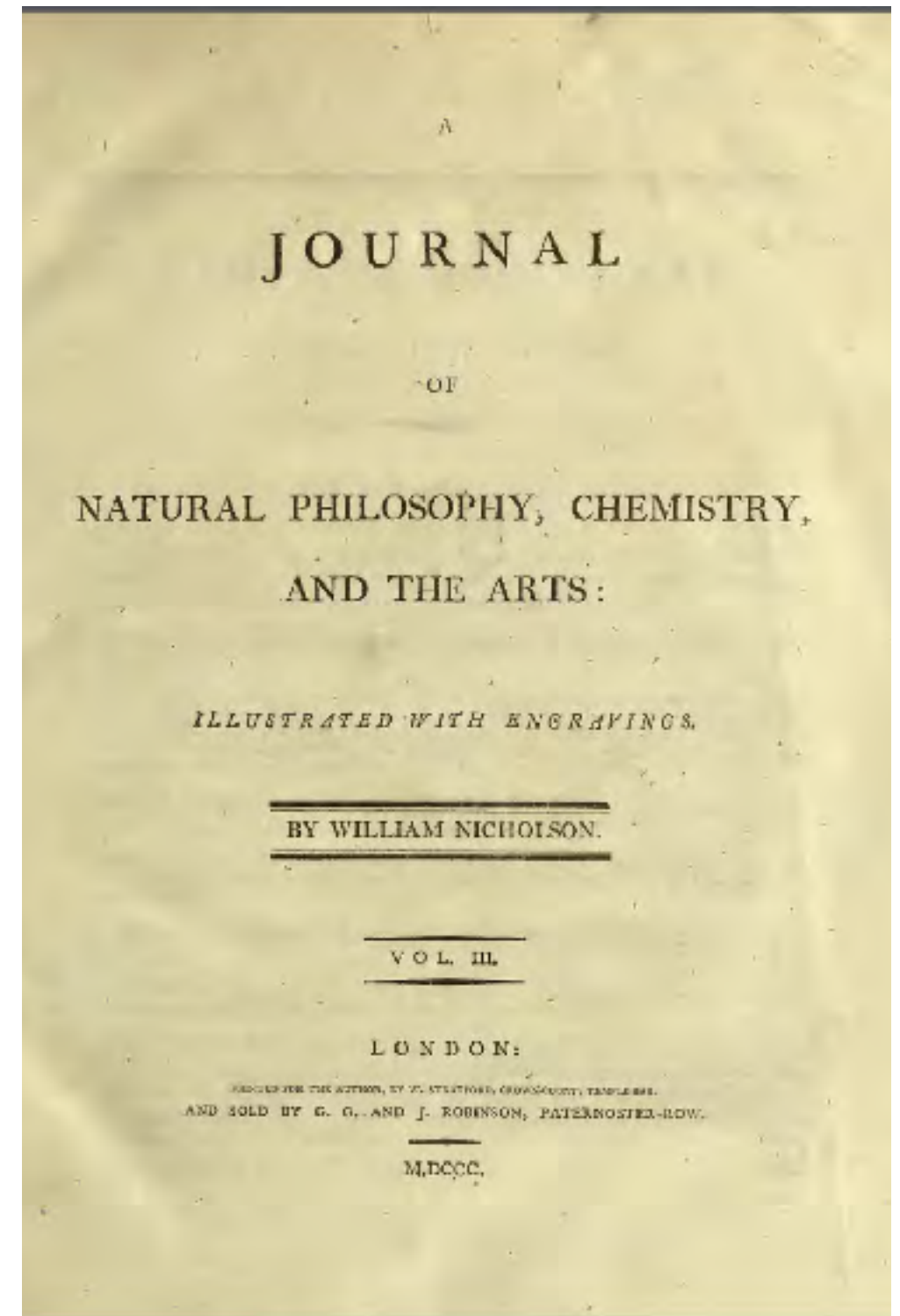
1818.

메리 셸리, 〈프랑켄슈타인〉 (1818)



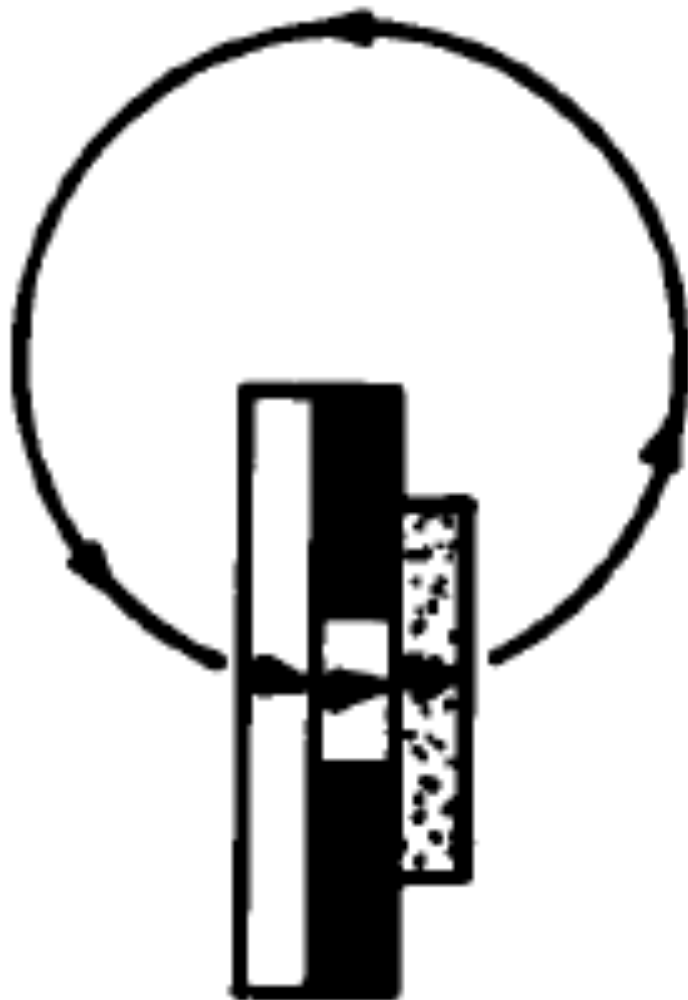
# 아마추어 과학자 니콜슨과 그의 저널

.....



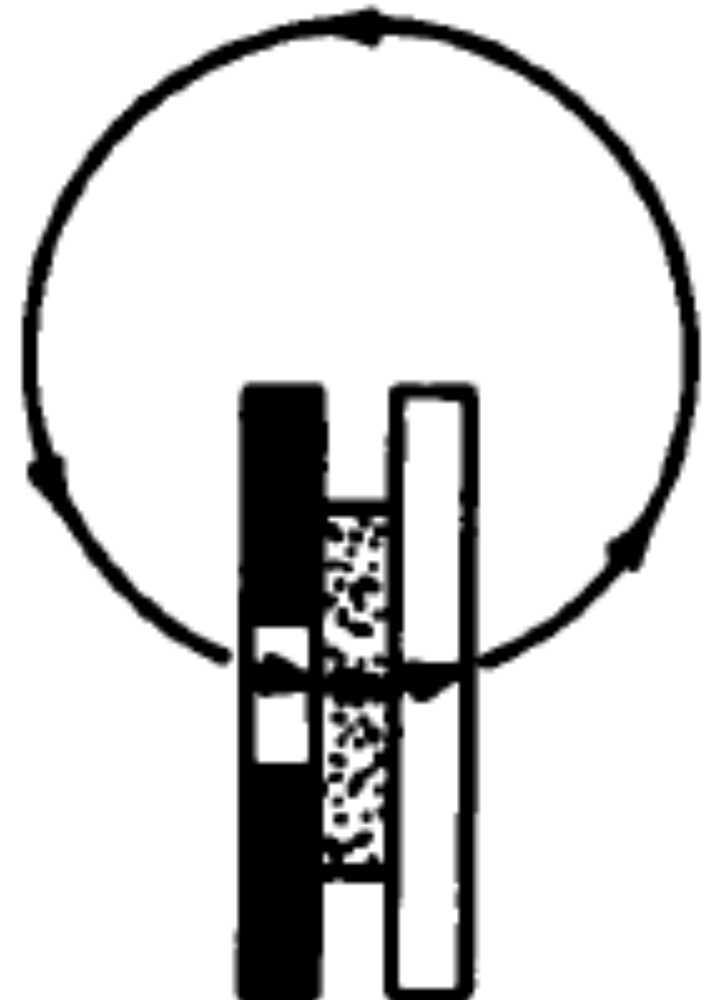
# 전지의 작동원리 : 접촉설 대 화학설

---



구리 아연

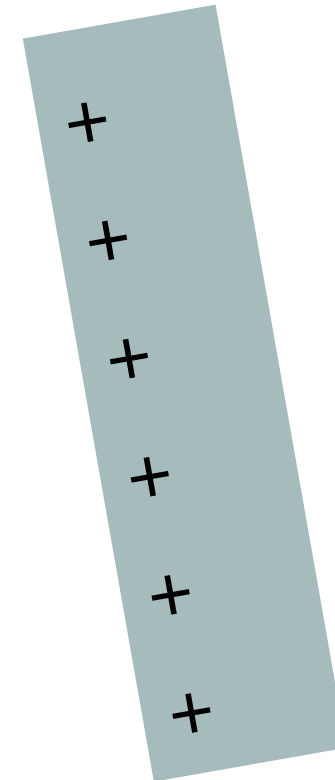
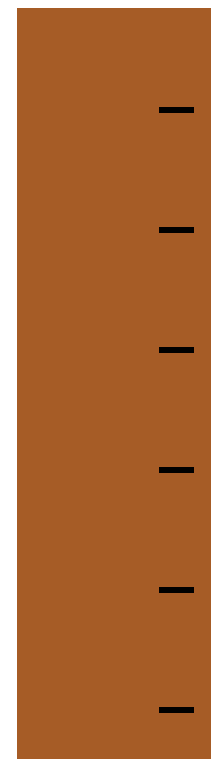
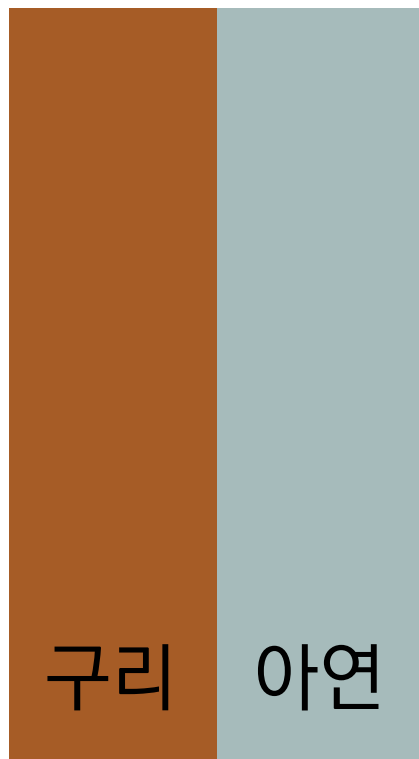
볼타의 접촉설



아연 구리

화학설

# 접촉설의 근거



칼륨	칼슘	나트륨	마그네슘	알루미늄	아연	철	니켈	주석	납	수소	구리	수은	은	백금	금
K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Su	Pb	H	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
←											→				
전자를 잘 내어 놓는다.											전자를 잃기 어렵다. (얻기 쉽다.)				
↓											↓				
산화 잘 된다.											환원이 잘 된다.				
↓											↓				
반응성이 크다.											반응성이 작다.				

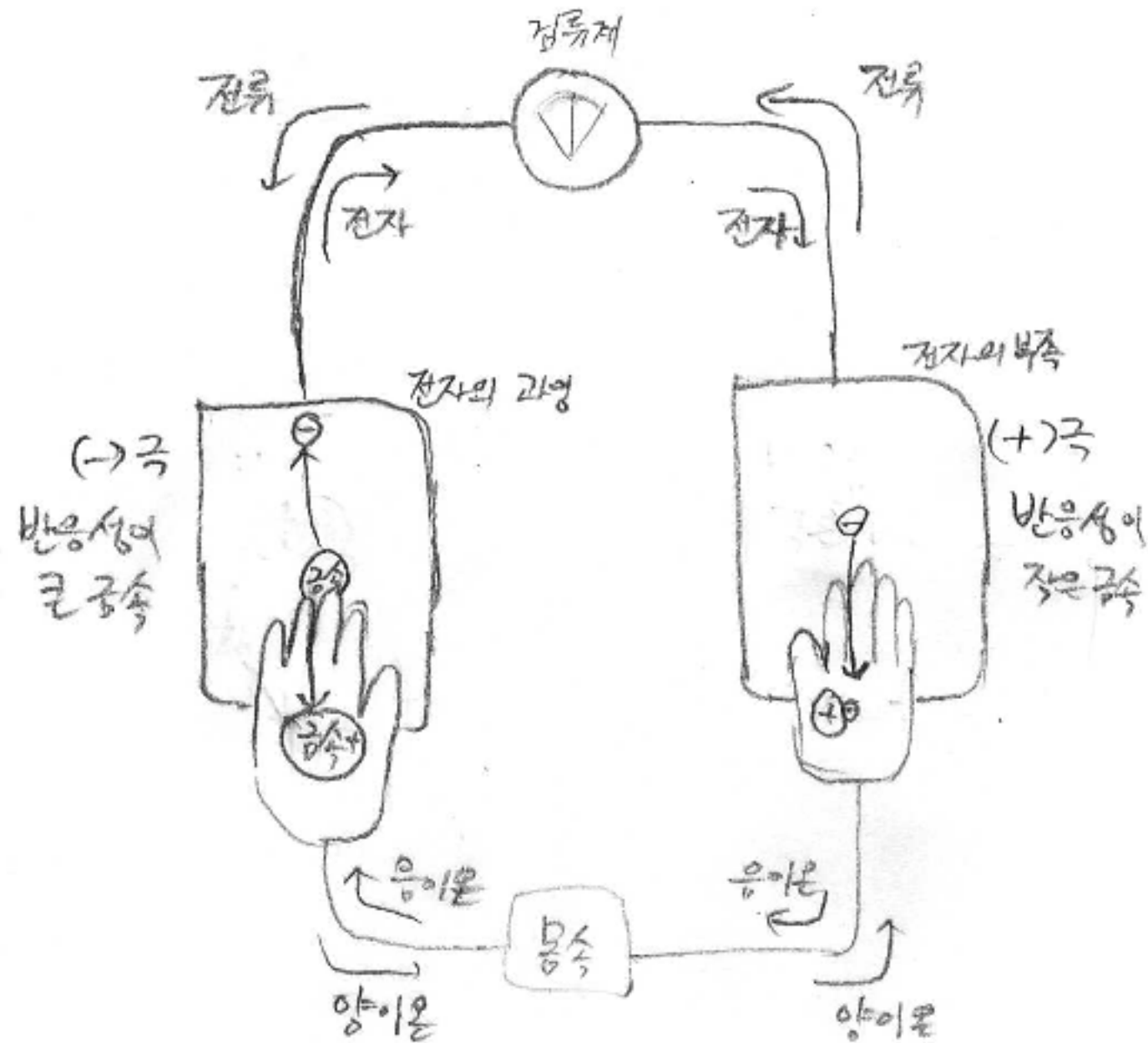


# 전해질이 없는 전지?

.....



# 생체 전지에 대한 일반적인 설명

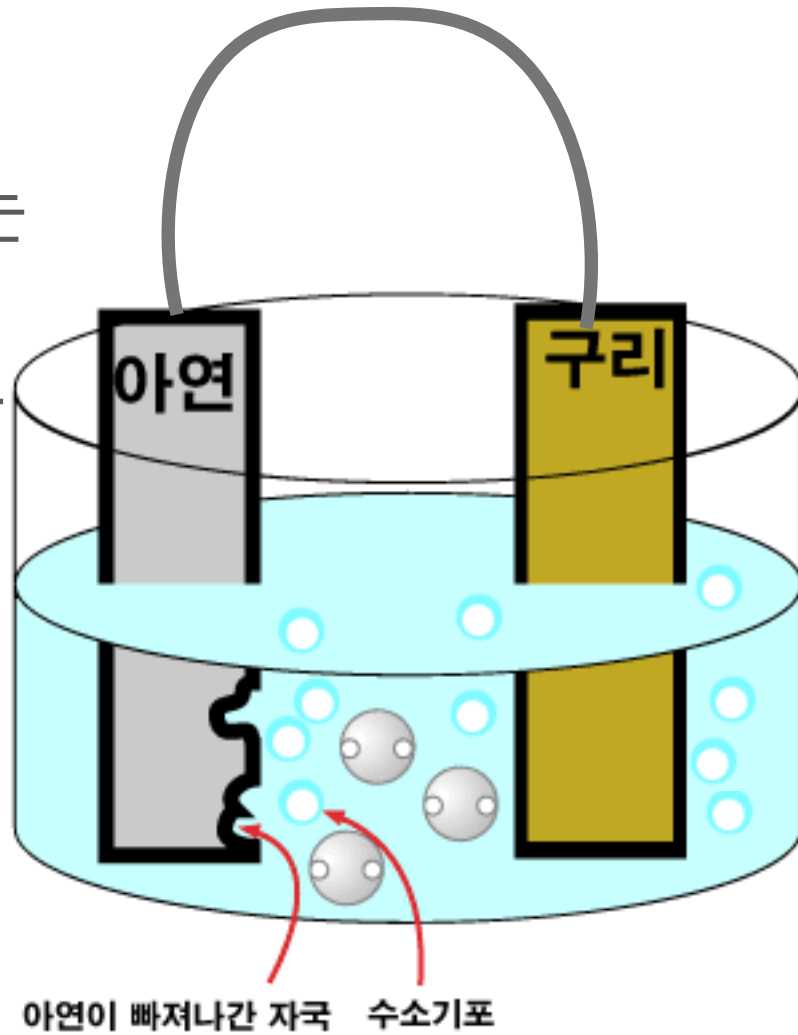


서로 다른 금속판에 양 손을 올리면 피부 표면의 미세한 땀이 전지의 전해질처럼 두 금속과 반응하게 된다. 이때 두 금속판 중 반응성이 큰 금속(e.g., 아연)은 전자를 내놓으며 양이온이 되어 땀에 녹고, 이러한 화학 반응으로 인해 두 금속 사이에는 전자의 불균형이 만들어지고 이를 해소하기 위해 도선에서는 전류가 흐르게 된다. 한편 반응성이 작은 금속(e.g., 구리)은 받은 전자를 땀에 섞인 양이온에게 건네준다.



# 화학설의 근거

수소가 아연에서 전자를 뺏는다면, 전자의 과잉이 일어나는 이유는?

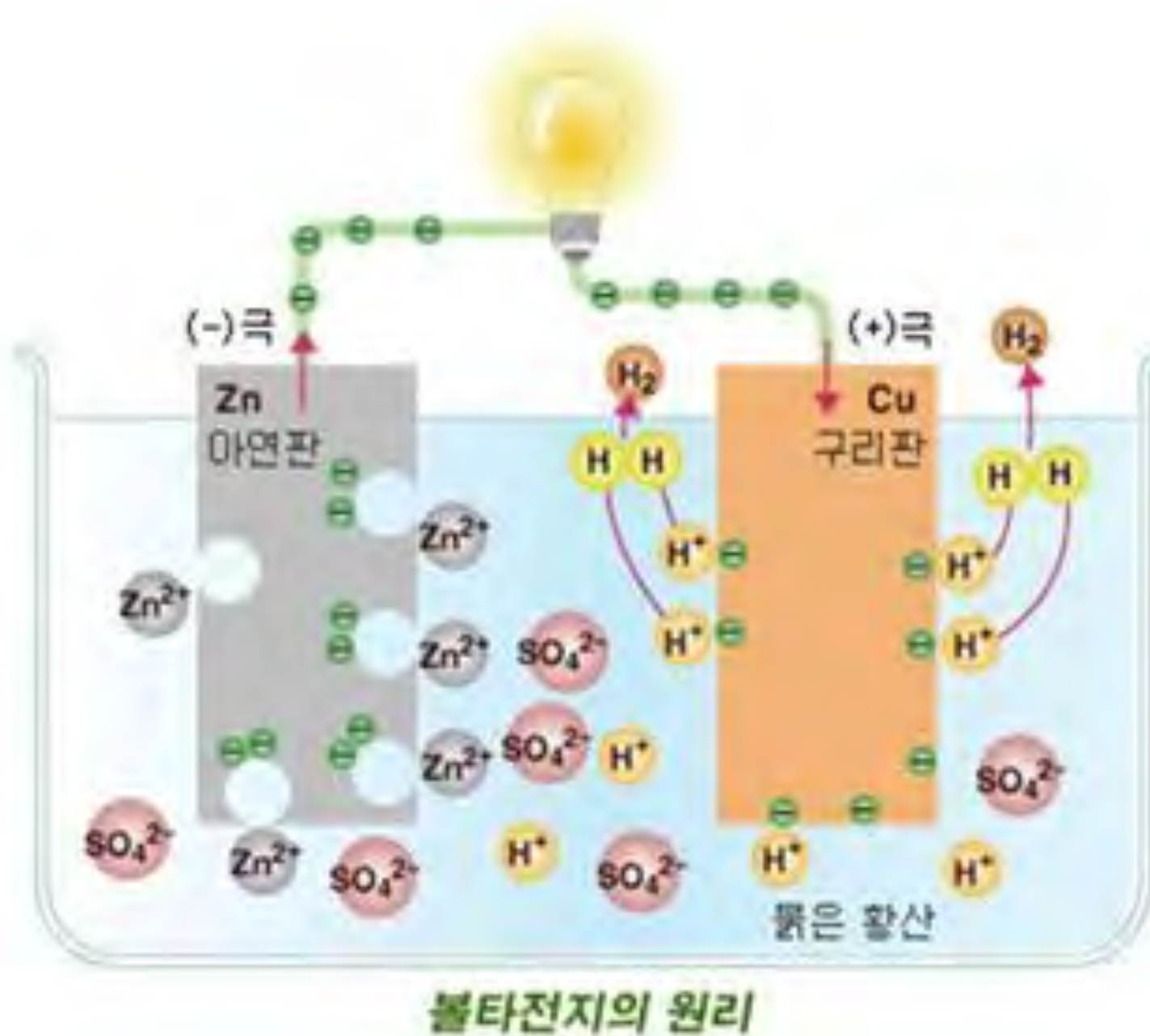


아연과 구리를 연결하면  
구리에서도 거품이 올라온다.

산의 작용을 받아서 아연이 용해될 때 거기서 전기가 발생한다. 그 전기가 용액 속으로 들어갈 때, 물분자를 파괴시켜서 수소가 나오게 한다. 그런 상황에서 구리와 아연을 연결해주면 아연에서 생겨난 전기가 도선을 타고 구리쪽으로 넘쳐 흘러서 구리를 통해 용액 속으로 들어가면, 구리의 표면에서 수소가 나온다.

by 윌라스턴

# 윌라스턴의 실험에 대한 현대적 해석과 의문



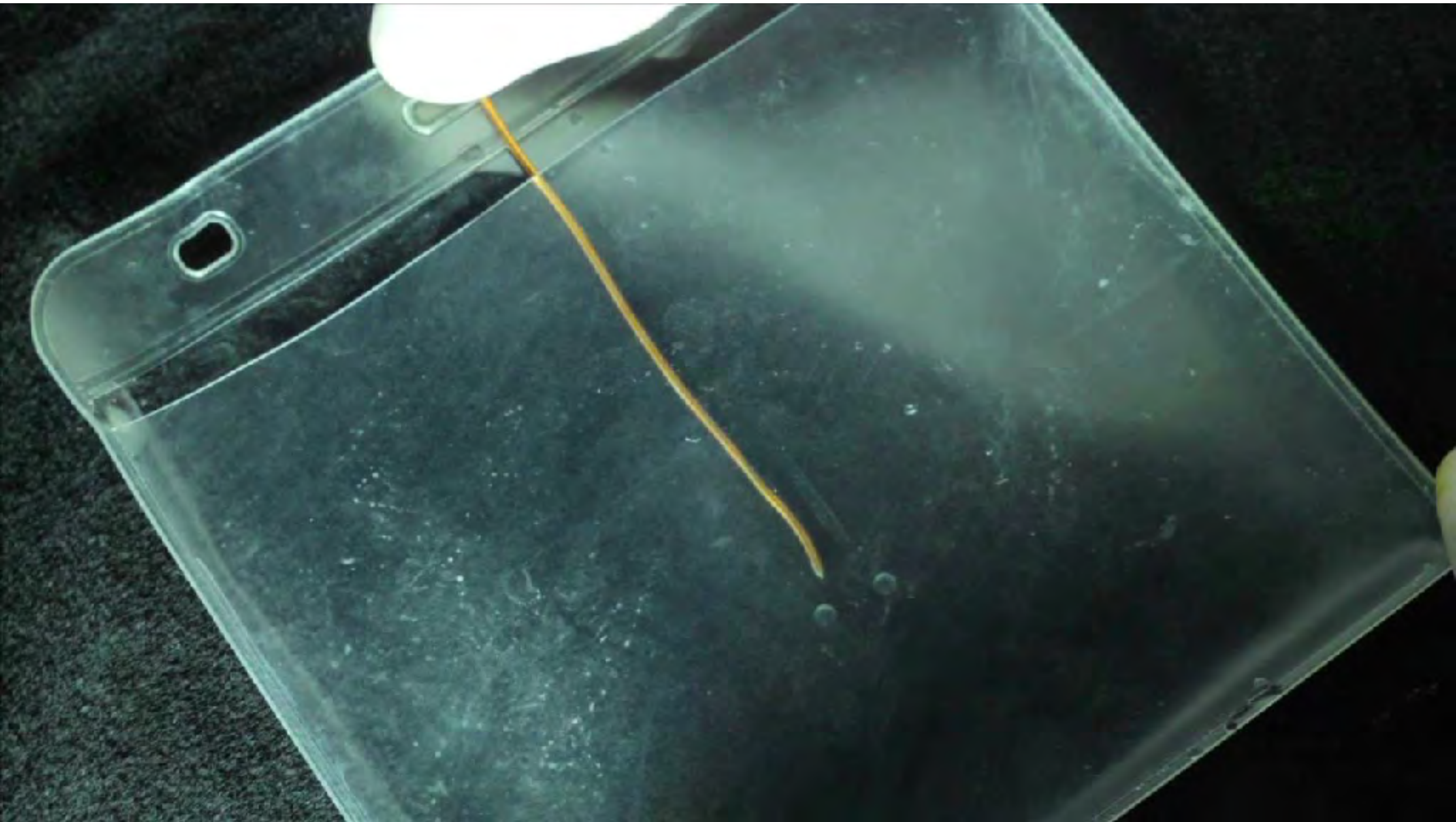
과잉된 전자는 왜 용액으로 나오지 않고, 구리로 넘어간 다음 그쪽에서 용액으로 나오는 것일까?

일반적인 해석 : 두 금속 사이에 형성된 전자의 불균형 때문

장하석의 해석 : '전자 일 함수' 때문. 즉 서로 다른 금속은 서로 다른 강도로 전자를 끌어들이는다. 일 함수 값이 서로 다른 두 가지 금속이 연결되면 전자는 일 함수 값이 높은 쪽으로 움직일 것이다.

# 은나무 만들기

---



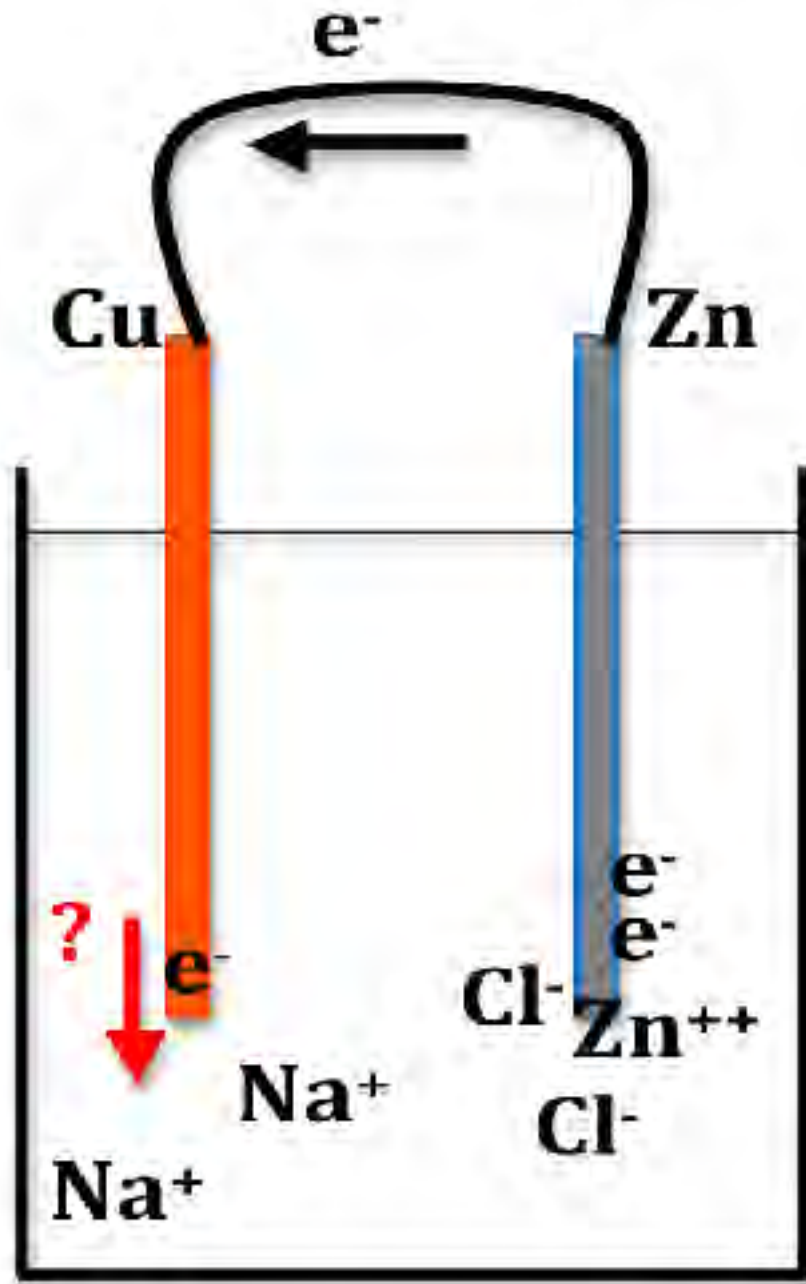






# 원래의 볼타 전지(소금물 사용)에 대한 재고

.....



구리 쪽에서 나온 전자는 어디로 갈까?

# 역사적 실험의 재현과 상보적 과학지식

---

- ▶ 잊혀진 지식의 회복과 연장
- ▶ 역사적, 철학적 관점을 통한 전문 과학의 보완
- ▶ 과학이 꼭 전문가들의 전유물이어야 하는가?